

## دراسة تأثير درجات الحرارة العاملة على أداء منظومة تبريد امتصاصي مزدوجة المفعول (بروميد الليثيوم- ماء)

محمد ابوالقاسم البشير عبدالدائم<sup>1</sup> ([maa273@yahoo.com](mailto:maa273@yahoo.com))، اخلاص علي عبدالله جبر<sup>1</sup>،  
فاطمة محمد أحمد الغول<sup>1</sup>، الشيباني الزروق مسعود الم رابط<sup>1</sup>، أحمد صالح أحمد<sup>2</sup>

(1) قسم الفيزياء- كلية العلوم- جامعة سبها

(2) المعهد العالي للعلوم والتقنية- بنت بية- وادي الأجل

### الملخص

أصبح استخدام منظومات التبريد الأمتصاصي بالرغم من معامل ادائها المتدني يمثل خيارا بيئيا واقتصاديا منافسا لمنظومات التبريد الأنضغاطي الشائعة الاستعمال، منظومات التبريد الامتصاصي مزدوجة المفعول ظهرت نتيجة للجهود المبذولة لتطوير تقنيات التبريد الأمتصاصي أحادية المفعول وبمعامل أداء أفضل الا أن معايير التشغيل المؤثرة في ادائها غير محددة ولا تزال مجال بحث، تقدم هذه الورقة دراسة نظرية لمنظومة تبريد امتصاصي مزدوجة المفعول ذات التدفق المتوازي تعمل بزوج (بروميد الليثيوم-ماء) وتهدف إلى معرفة وتحديد العوامل المؤثرة على ادائها، أنجزت هذه الدراسة باستخدام قيم متغيرة لدرجة حرارة التشغيل بالمولد العلوي وقيم مختارة لدرجات حرارة المكثف السفلي والماس، أوضحت النتائج المتحصل عليها من هذه الدراسة أن خفض درجة حرارة الأمتصاص بالماس عند ضغط سفلي ثابت يقلل من تركيز المحلول الضعيف ويزيد من كميات المبرد المنفصلة في المولدين السفلي والعلوي، وأوضحت أيضا أن خفض درجة حرارة التكييف بالمكثف السفلي بضغط متوسط ثابت يزيد من كمية التبريد المنتجة، كما أوضحت النتائج المتحصل عليها أن معاملات الأداء لمنظومة التبريد الأمتصاصي مزدوجة المفعول المقترحة تتحسن مع درجة حرارة التشغيل، وأظهرت أن أعلى معامل أداء لها يُتوصل عليه عندما تكون درجة حرارة التكييف بالمكثف السفلي منخفضة تحقق التبريد الدوني للمبرد ومساوية لدرجة حرارة الامتصاص بالماس.

### عناصر الدراسة

انظمة التبريد الأمتصاصي، تقنيات الأمتصاص، معامل الأداء، البرنامج الحاسوبي (EES).

## 1 مقدمة ومراجعة

منظومات التبريد الامتصاصي بتقنياتها المختلفة تعمل بالحرارة منخفضة المستوى و توفر التبريد والحرارة في آن واحد، وأستخدامها يسهم في تخفيف الحمل على الشبكة العامة للكهرباء ويحافظ على المخزون المحدود من الوقود الأحفوري ويقلل من التلوث الحراري، كما أن الأزواج العاملة بداخلها صديقة للبيئة ولا تسبب في تلف طبقة الأوزون، ظهرت نتيجةً لتطوير تقنية التبريد الامتصاصي أحادية المفعول منظومات التبريد الامتصاصي مزدوجة المفعول التي تصنف بناءً على كيفية دوران المحلول بداخلها الى ثلاثة اشكال أساسية وهي التدفق المتوازي والمتسلسل والمتوازي العكسي [1-3]، وبيّنت أغلب الدراسات تفوق أداء منظومة التبريد الأمتصاصي مزدوجة المفعول ذات التدفق المتوازي على أداء المنظومات ذات التدفق المتوازي العكسي والمتسلسل [3-8].

تعاني منظومات التبريد الأمتصاصي مزدوجة المفعول من التعقيد الكبير والتكلفة الأساسية العالية نتيجة لزيادة عدد القطع المكونة لها عن منظومة التبريد الأمتصاصي أحادية المفعول البسيطة، وفي محاولة للتغلب على ذلك قدمت دراسة نموذج لمنظومة تبريد امتصاصي مزدوجة المفعول بمكثف واحد فقط وتم ذلك بدمج المكثف العلوي مع المولد السفلي [9]، وأختبر هذا النموذج المقترح للتصميمات الثلاثة (التدفق المتوازي، المتسلسل والمتوازي العكسي) وأظهرت النتائج تميز التصميمان المتوازي والمتوازي العكسي على التصميم المتسلسل حيث كان لهما أفضل أداء و أوسع مدى تشغيل وأقل فرصة لحدوث التبلر، كما أظهرت النتائج أن التصميمات الثلاثة حققت معاملات أداء عالية ( $COPs > 1.3$ ) [9,10]، وكمحاوله أخرى توجهت جهود المختصين لتطوير منظومة التبريد الأمتصاصي أحادية المفعول الأساسية البسيطة وذلك بأدخال تعديلات عليها أملا في تحسين ادائها لتكون بديلا عن منظومات التبريد الأمتصاصي مزدوجة المفعول المعقدة، وأنجز ذلك بأدخال القاذف الحراري في مواضع مختلفة بها، بالإضافة الى تعديلات اخرى شملت تغيير لمسارات التدفق المتحرك بداخلها ولكن جميع منظومات التبريد الأمتصاصي المعدلة رغم تحسن أدائها لم تحقق معاملات اداء منافسة لمعامل أداء منظومات التبريد الأمتصاصي مزدوجة المفعول [11-16].

منظومات التبريد الأمتصاصي مزدوجة المفعول الأساسية لها ثلاثة ضغوط عاملة بداخلها وتتلخص فكرة عملها في استثمار كمية الحرارة المستخلصة من عملية التكثيف بالمكثف العلوي

في تشغيل المولد السفلي بها، ولا يزال تأثير عوامل التشغيل بها مثل درجات الحرارة المختلفة ومستويات الضغوط العاملة ونوعية وكيفية تحرك الأزواج العاملة بداخلها على أدائها غير محدد ويحتاج لمزيد من الدراسة، سنقوم في هذا العمل بدراسة تأثير درجات الحرارة العاملة على أداء منظومة تبريد أمتصاصي مزدوجة المفعول (بروميد الليثيوم- ماء) ذات التدفق المتوازي (شكل 1)، لغرض تحديد المعايير التشغيلية التي تحقق أفضل أداء لها، وسيتم أنجاز ذلك باستخدام قيم متغيرة لدرجة حرارة التشغيل بالمولد العلوي ودرجة حرارة محددة بالمكثف العلوي ولقيم مختلفة ومتساوية لدرجتي حرارة المكثف السفلي والماص، ولضغوط مختارة.

## 2 وصف المنظومة

تتكون منظومة التبريد الامتصاصي مزدوجة المفعول ذات التدفق المتوازي المقترحة من مولدين سفلي وعلوي، مكثف علوي وآخر سفلي، مبادلان حراريان للمحلول، ماص، مبخر، مضختين وأربعة صمامات تمدد كما بالشكل (1)، تعمل منظومة التبريد الامتصاصي مزدوجة المفعول المقترحة بثلاث مستويات للضغط، الضغط السفلي وهو ضغط المبخر والماص بحيث يكون ضغط التشبع لدرجة حرارة المبخر (درجة حرارة التبريد المطلوبة)، والضغط المتوسط وهو ضغط المولد السفلي والمكثف السفلي بحيث يكون ضغط التشبع لدرجة حرارة التكثيف بالمكثف السفلي، والضغط العلوي وهو الضغط العامل بالمولد العلوي والمكثف العلوي ويكون ضغط التشبع لدرجة حرارة التكثيف بالمكثف العلوي، يتم ضخ المحلول بواسطة المضخة السفلية إلى المولد السفلي عبر المبادل الحراري السفلي للمحلول، ويتم من خلال هذه العملية فصل كمية من المبرد وتتجه إلى المكثف السفلي، يضخ باقي المحلول بواسطة المضخة العليا عبر المبادل الحراري العلوي للمحلول إلى المولد العلوي حيث تتم عملية الفصل الثانية، تتدفق كمية المبرد المنفصلة بالمولد العلوي إلى المكثف العلوي ويتم تكثيفها إلى سائل ثم تغادره لتلتقي كمية التبريد الأولى في المكثف السفلي، بعد ذلك يمر المبرد عبر صمام التمدد إلى المبخر ليصله بضغط سفلي ودرجة حرارة متدنية، يتبخر المبرد بعد استخلاصه حمل التبريد في المبخر ثم يتجه البخار الناتج إلى الماص حيث يتم امتصاصه بواسطة المحلول القوي التركيز العائد إلى الماص عبر المبادل الحراري السفلي للمحلول وينتج عن ذلك محلول ضعيف التركيز، يعاد ضخ المحلول الضعيف بواسطة المضخة السفلية للمنظومة وهكذا يتكرر عمل المنظومة.



### 3 التحليل الحراري

تتكون منظومة التبريد الامتصاصي مزدوجة المفعول المقترحة من عدة قطع كما هو موضح بالشكل (1) ويمكن وصفها كالتالي:-

#### • الماص

يعود المحلول القوي التركيز إلى الماص عبر المبادل الحراري السفلي للمحلول ويقوم بامتصاص بخار الماء القادم من المبخر، كمية الحرارة الناتجة عن هذه العملية تحسب كالتالي:-

$$\dot{Q}_a = \dot{m}_{10}h_{10} + \dot{m}_6h_6 - \dot{m}_1h_1 \quad (1)$$

#### • عمليات الضخ

تقوم المضخة السفلية بضخ المحلول الضعيف من الماص إلى المولد السفلي عبر المبادل الحراري السفلي للمحلول ويحسب الشغل اللازم لهذه العملية:-

$$\dot{w}_{p1} = \dot{m}_1(h_2 - h_1) \quad (2)$$

$$\dot{w}_{p1} = \dot{m}_1v_1(p_m - p_l) \quad (3)$$

يضخ المحلول المتبقي من المولد السفلي بواسطة المضخة العلوية إلى المولد العلوي عبر المبادل الحراري العلوي للمحلول، كمية الشغل اللازمة لهذه العملية تحسب كالتالي:-

$$\dot{w}_{p2} = \dot{m}_{11}(h_{12} - h_{11}) \quad (4)$$

$$\dot{w}_{p2} = \dot{m}_{11}v_{11}(p_H - p_m) \quad (5)$$

#### • المبادلات الحرارية للمحلول

يستخلص المحلول الضعيف الحرارة من المحلول القوي داخل المبادل الحراري للمحلول في منظومة التبريد الامتصاصي مزدوجة المفعول المقترحة ويتم ذلك على مرحلتين الأولى عبر المبادل الحراري السفلي للمحلول والثانية خلال المبادل الحراري العلوي للمحلول، وتهدف هاتين العمليتين للتقليل من كمية الحرارة المعطاة بالمولد العلوي، وتحسب فعالية المبادل الحراري السفلي كالتالي:-

$$\varepsilon_{HXL} = \frac{T_4 - T_5}{T_4 - T_2} \quad (6)$$

وفعالية المبادل الحراري العلوي تحسب وفق العلاقة الآتية:-

$$\varepsilon_{HXH} = \frac{T_{14} - T_{15}}{T_{14} - T_{12}} \quad (7)$$

#### • المولد العلوي

تعطى الحرارة للمولد العلوي الذي تتم في داخله عملية تسخين المحلول الضعيف القادم من المولد السفلي عبر المبادل الحراري العلوي للمحلول وينتج عنها فصل كمية من المبرد (بخار الماء)، كمية الحرارة اللازمة لهذه العملية تحسب من العلاقة:-

$$\dot{Q}_d = \dot{m}_{17}h_{17} + \dot{m}_{14}h_{14} - \dot{m}_{13}h_{13} \quad (8)$$



موازنة كتلة المحلول والمبرد بالمولد العلوي هي:-

$$\dot{m}_{13} = \dot{m}_{14} + \dot{m}_{17} \quad (9)$$

موازنة الكتلة بدلالة تركيز بروميد الليثيوم في المحلول بالمولد العلوي هي:-

$$\dot{m}_{13}x_{13} = \dot{m}_{14}x_{14} \quad (10)$$

• المولد السفلي

موازنة كتلة المحلول والمبرد بالمولد السفلي هي:-

$$\dot{m}_3 + \dot{m}_{16} = \dot{m}_4 + \dot{m}_{11} + \dot{m}_7 \quad (11)$$

موازنة الكتلة بدلالة تركيز بروميد الليثيوم في المحلول هي:-

$$\dot{m}_3x_3 + \dot{m}_{16}x_{16} = \dot{m}_4x_4 + \dot{m}_{11}x_{11} \quad (12)$$

كمية الحرارة المستخلصة من عملية التكثيف بالمكثف العلوي والمستثمرة داخليا في تغذية المولد السفلي تحسب بالعلاقة:-

$$\dot{Q}_{cd} = \dot{m}_{17}(h_{17} - h_{18}) \quad (13)$$

• المكثف السفلي

كمية الحرارة الناتجة عن عملية التكثيف بالمكثف السفلي تحسب كالتالي:-

$$\dot{Q}_c = \dot{m}_7h_7 + \dot{m}_{19}h_{19} - \dot{m}_8h_8 \quad (14)$$

• صمامات التمدد

تحتوي المنظومة المقترحة على أربع صمامات تمدد تحقق الاختلاف في مستويات الضغط بالمنظومة المقترحة، ناتج عمليتي التمدد خلال صماما التمدد للمحلول:-

$$h_6 = h_5 \quad (15)$$

$$h_{16} = h_{15} \quad (16)$$

ناتج عمليتي التمدد خلال صماما التمدد للمبرد:-

$$h_8 = h_9 \quad (17)$$

$$h_{18} = h_{19} \quad (18)$$

• المبخر

يتم داخل المبخر تبخير المبرد (الماء) نتيجة امتصاصه حمل التبريد، وتحسب كمية التبريد المنتجة كالتالي:-

$$\dot{Q}_e = \dot{m}_9(h_{10} - h_9) \quad (19)$$

• معامل أداء المنظومة

يحسب معامل أداء المنظومة بعد إهمال الشغل اللازم للمضختين بالعلاقة الآتية:-

$$COP = \frac{\dot{Q}_e}{\dot{Q}_d} \quad (20)$$

#### 4 الفرضيات

أنجزت هذه الدراسة بناء على الفرضيات الآتية:-

- حالة المنظومة مستقرة والفقد في الضغط بداخلها مهم.
- المنظومة معزولة عزلاً حرارياً تماماً وعليه لا يحدث تبادل حراري بين المنظومة والمحيط.
- الضغط السفلي للمنظومة هو ضغط التشبع لدرجة حرارة المبخّر المحددة.
- الضغط المتوسط للمنظومة هو ضغط التشبع لدرجة حرارة المكثف السفلي.
- الضغط العلوي للمنظومة هو ضغط التشبع لدرجة حرارة المكثف العلوي.
- درجة حرارة المولد العلوي متغيرة.
- درجة حرارة المولد السفلي ناتجة عن استثمار كمية الحرارة المستخلصة من المكثف العلوي.
- درجة حرارة الماص متغيرة.
- الكتلة المتدفقة في المنظومة فرضت (1kg/s).
- فاعلية المبادل الحراري السفلي والعلوي للمحلول اختيرت (0.65).

#### 5 النتائج والمناقشة

أُختبرت منظومة التبريد الامتصاصي مزدوجة المفعول المقترحة عند ظروف تشغيلية مختلفة ولخمس حالات كما بالجدول (1).

الجدول (1): مواصفات التشغيل المستخدمة لكل حالة ( $P_H=62.50 \text{ kPa}$  ,  $T_{cd}=87^\circ\text{C}$ )

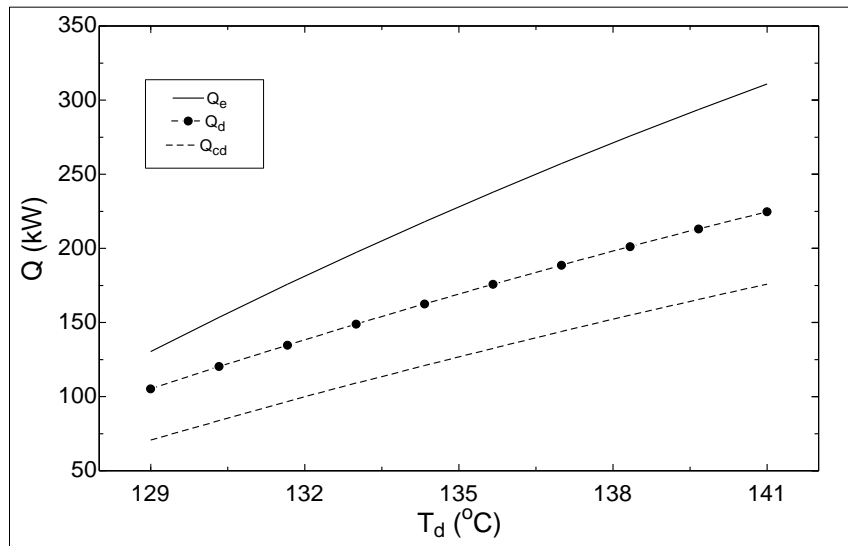
الحالة	$T_a(^{\circ}\text{C})$	$T_c(^{\circ}\text{C})$	$P_m(\text{kPa})$	$T_e(^{\circ}\text{C})$	$P_L(\text{kPa})$
الأولى	30	30	4.25	5	0.87
الثانية	20	30			
الثالثة	40	30			
الرابعة	30	20			
الخامسة	20	20			



النتائج المتحصل عليها من هذه الاختبارات مثلت وتمت مناقشتها كالتالي:-

• الحالة الأولى

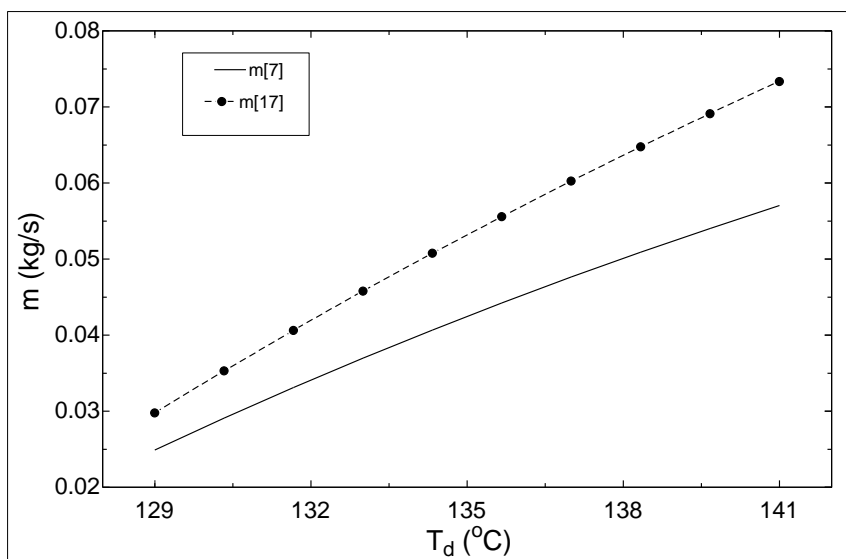
يبين الشكل (2) تصرف كلاً من كمية الحرارة المعطاة بالمولد العلوي وكمية الحرارة المستغلة داخلياً في تغذية المولد السفلي وكمية التبريد المنتجة من المبخر مع درجة حرارة التشغيل بالمولد العلوي عندما تكون  $(T_c=T_a=30^\circ\text{C})$ ، نلاحظ من الشكل أن كمية الحرارة المعطاة بالمولد العلوي تزيد مع رفع درجة حرارة التشغيل بالمولد العلوي وكذلك كمية الحرارة المستغلة داخلياً في تشغيل المولد السفلي، زيادة كمية الحرارة المستغلة داخلياً عائد لزيادة كميات المبرد المنفصلة بالمولد العلوي وارتفاع درجة حرارتها، من جهة آخر نلاحظ تحسن كمية التبريد المنتجة في المبخر مع رفع درجة حرارة التشغيل بالمولد العلوي، وذلك بسبب زيادة كميات المبرد المنفصلة بالمولدين السفلي والعلوي (شكل 3).



الشكل (2): كميات الحرارة المعطاة والحرارة المستغلة داخلياً وكميات التبريد المنتجة مع درجة حرارة التشغيل بالمولد العلوي عند  $(P_H=62.50 \text{ kPa}, T_{cd}=87^\circ\text{C}, T_c=T_a=30^\circ\text{C})$ .

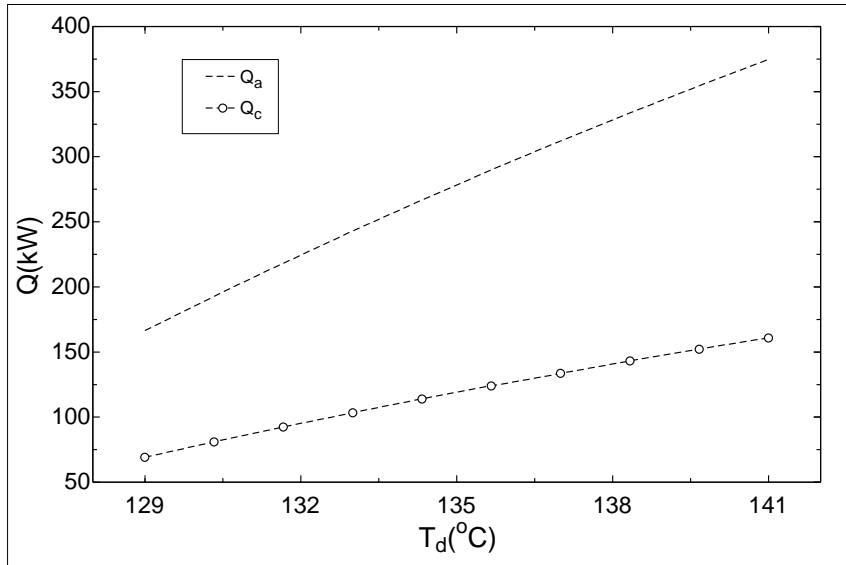
يوضح الشكل (3) تصرفات كميات المبرد المنفصلة من المحلول الضعيف في المولدين العلوي والسفلي مع درجة حرارة التشغيل بالمولد العلوي عندما تكون  $(T_c=T_a=30^\circ\text{C})$ ، نلاحظ من الشكل زيادة كميات المبرد المنفصلة في المولدين العلوي والسفلي مع درجة حرارة التشغيل بالمولد العلوي، زيادة كمية المبرد المنفصلة في المولد العلوي وارتفاع درجة حرارتها تؤدي لزيادة كمية الحرارة المغذية للمولد السفلي مما يزيد من كمية المبرد المنفصلة في المولد السفلي، بالإضافة لذلك زيادة كميات المبرد المنفصلة بالمولدين العلوي والسفلي تزيد من كمية التبريد المنتجة في المبخر (شكل 2).





الشكل (3): كميات المبرد المنفصلة من المحلول في المولدين العلوي والسفلي مع درجة حرارة التشغيل بالمولد العلوي عند  $(P_H=62.50 \text{ kPa}, T_{cd}=87^\circ\text{C}, T_c=T_a=30^\circ\text{C})$ .

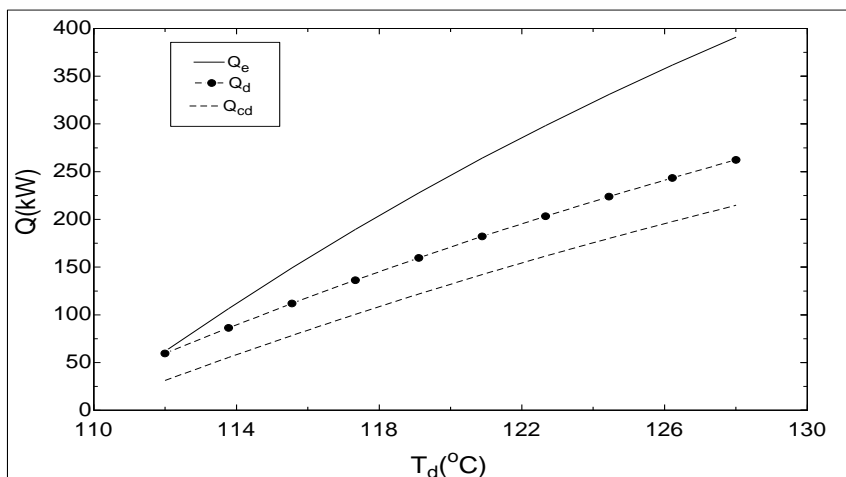
الشكل (4) يبين كميات الحرارة المطرودة من الماص والمكثف السفلي مع درجة حرارة التشغيل بالمولد العلوي عندما تكون  $(T_c=T_a=30^\circ\text{C})$ ، نلاحظ من الشكل أن كميات الحرارة المفقودة من الماص والمكثف السفلي تزيد مع رفع درجة حرارة التشغيل بالمولد العلوي، الزيادة في كميات الحرارة المفقودة من المكثف السفلي والماص ناتجة عن الزيادة في كميات المبرد المنفصلة في المولدين العلوي والسفلي (شكل 3)، كما نلاحظ أن كميات الحرارة المفقودة من الماص تفوق كميات الحرارة المفقودة من المكثف السفلي، زيادة كميات الحرارة المفقودة يتطلب زيادة حجم كلاً من الماص والمكثف السفلي مما قد يزيد من تكلفة وتعقيد المنظومة.



الشكل (4): كميات الحرارة المطرودة من الماص والمكثف السفلي مع درجة حرارة التشغيل بالمولد العلوي عند ( $P_H=62.50 \text{ kPa}$  ,  $T_c=T_a=30^{\circ}\text{C}$  ,  $T_{cd}=87^{\circ}\text{C}$ ).

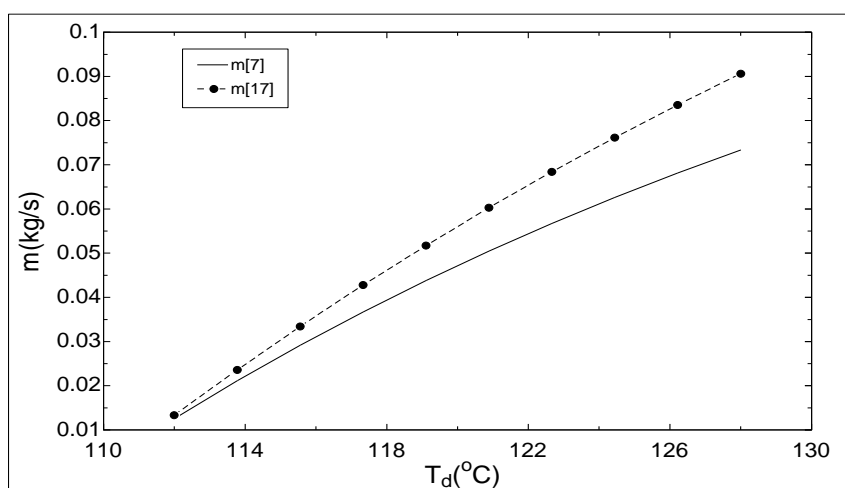
#### • الحالة الثانية

يوضح الشكل (5) تصرف كميات الحرارة المعطاة بالمولد العلوي والمستغلة داخلياً بالمولد السفلي وكمية التبريد المنتجة مع درجة حرارة التشغيل بالمولد العلوي عندما تكون ( $T_c=30^{\circ}\text{C}$ ,  $T_a=20^{\circ}\text{C}$ )، نلاحظ من الشكل أن رفع درجة حرارة التشغيل بالمولد العلوي يتطلب إعطاء المزيد من الحرارة، كما نلاحظ زيادة كمية الحرارة المستغلة داخلياً وتحسن كمية التبريد المنتجة مع رفع درجة حرارة التشغيل بالمولد العلوي لهذه الحالة الثانية، تصرفات مماثلة للنتائج المتحصل عليها في الحالة الأولى ولكن بمدى أقل لدرجات حرارة التشغيل بالمولد العلوي نتيجة خفض درجة حرارة الامتصاص بالماص بضغط سفلي ثابت، بمقارنة الكميات نجد أن كمية التبريد المنتجة زادت عن كمية التبريد المتحصل عليها في الحالة الأولى، خفض درجة حرارة الامتصاص بضغط سفلي ثابت زاد من حضور المبرد في المحلول الضعيف، هذا الأمر أتاح فرصة زيادة كميات المبرد المنفصلة بالمولدين السفلي والعلوي مع رفع درجة حرارة التشغيل (شكل 6)، زيادةً على ذلك كمية الحرارة المستغلة داخلياً زادت في هذه الحالة الثانية عن الحالة الأولى بسبب زيادة كمية المبرد المنفصلة بالمولد العلوي.



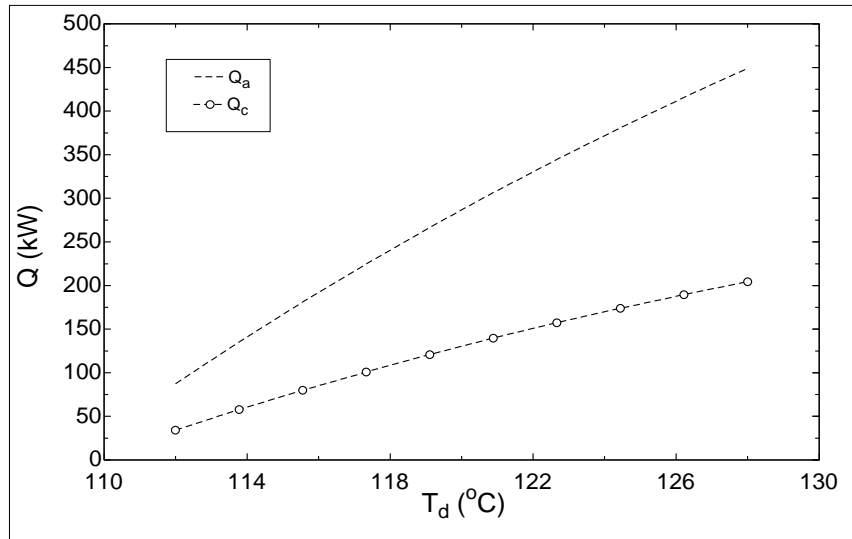
الشكل (5): كميات الحرارة المعطاة والحرارة المستغلة داخلياً وكمية التبريد المنتجة مع درجة حرارة التشغيل بالمولد العلوي عند ( $P_H=62.50 \text{ kPa}$ ,  $T_{cd}=87^\circ\text{C}$ ,  $T_c=30^\circ\text{C}$ ,  $T_a=20^\circ\text{C}$ ).

تصرفات كميات المبرد المنفصلة من المحلول في المولدين السفلي والعلوي مع درجة حرارة التشغيل بالمولد العلوي عندما تكون ( $T_c=30^\circ\text{C}$ ,  $T_a=20^\circ\text{C}$ ) ممثلة في الشكل (6)، يوضح الشكل أن كميات المبرد المنفصلة من المحلول في المولدين السفلي والعلوي تزيد برفع درجة حرارة التشغيل بالمولد العلوي، مقدار الزيادة في كميتي المبرد المنفصلتين لهذه الحالة أكبر منه في الحالة الأولى (شكل 3)، خفض درجة حرارة الأمتصاص بضغط سفلي ثابت نتج عنه انخفاض في تركيز المحلول الضعيف (زيادة نسبة المبرد في المحلول) الأمر الذي زاد من كميات المبرد المنفصلة وعجل بدرجة حرارة الفصل الأولى للماء من المحلول الضعيف بالمولدين.



الشكل (6): كميات المبرد المنفصلة من المحلول في المولدين العلوي والسفلي مع درجة حرارة التشغيل بالمولد العلوي ( $P_H=62.50 \text{ kPa}$ ,  $T_{cd}=87^\circ\text{C}$ ,  $T_c=30^\circ\text{C}$ ,  $T_a=20^\circ\text{C}$ ).

تصرف كميات الحرارة المطرودة من الماص والمكثف السفلي مع درجة حرارة التشغيل بالمولد العلوي للحالة التشغيلية الثانية ( $T_c=30^\circ\text{C}, T_a=20^\circ\text{C}$ ) مبين في الشكل (7)، نلاحظ من الشكل أن كميات الحرارة المطرودة من الماص والمكثف السفلي تزيد مع درجة حرارة التشغيل بالمولد العلوي، وهي تصرفات مشابهة للحالة الأولى (شكل 4) ولكن بكميات أكبر وبمستويات درجات حرارة تشغيلية أقل، خفض درجة حرارة الماص بضغط سفلي ثابت ينتج عنه زيادة حضور المبرد بالمحلول الضعيف الأمر الذي يتيح الفرصة لزيادة كميات المبرد المنفصلة في المولدين السفلي والعلوي (شكل 6)، وكنتيجة لزيادة كمية المبرد الداخلة للمكثف السفلي وارتفاع درجة حرارتها تزيد كمية الحرارة المفقودة منه، كما أن زيادة كمية المبرد المنفصلة تزيد من كمية التبريد المنتجة داخل المبخر، وهذا يعني زيادة كمية الحرارة التي يحملها البخار الداخل للماص، الأمر الذي يؤدي إلى زيادة كمية الحرارة المفقودة من الماص.



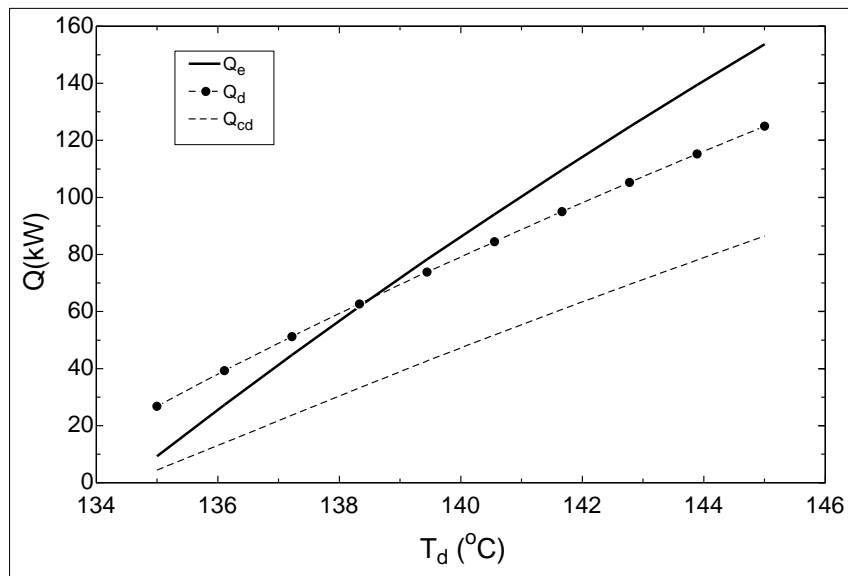
الشكل (7): كميات الحرارة المطرودة من الماص والمكثف السفلي مع درجة حرارة التشغيل بالمولد العلوي

عند ( $P_H=62.50 \text{ kPa}, T_{cd}=87^\circ\text{C}, T_c=30^\circ\text{C}, T_a=20^\circ\text{C}$ ).

#### ● الحالة الثالثة

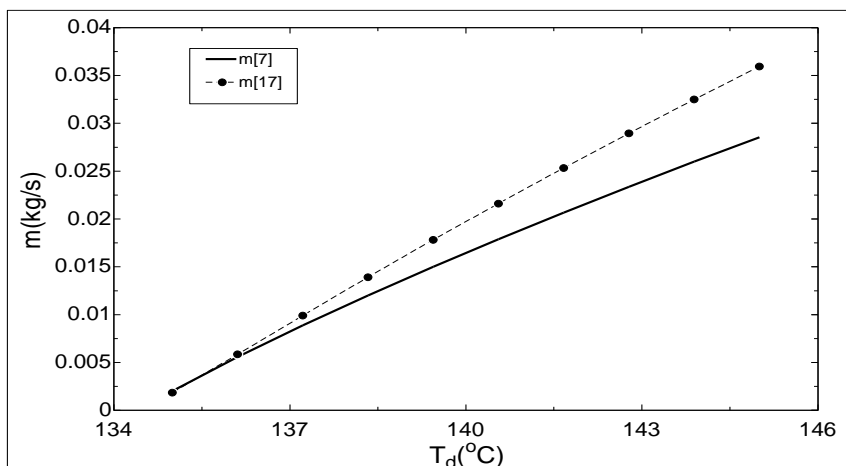
كمية التبريد المنتجة وكميات الحرارة المعطاة بالمولد العلوي والمستغلة داخلياً بالمولد السفلي مع درجة حرارة التشغيل بالمولد العلوي عندما تكون ( $T_c=30^\circ\text{C}, T_a=40^\circ\text{C}$ ) موضحة في الشكل (8)، توضح النتائج زيادة كمية الحرارة المعطاة بسبب رفع درجة حرارة التشغيل بالمولد العلوي، وتوضح كذلك زيادة كمية الحرارة المستغلة داخلياً في تغذية المولد السفلي، كما توضح من الجانب الآخر زيادة كمية التبريد

المنتجة نتيجة رفع درجات حرارة التشغيل بالمولد العلوي، وهي تصرفات مماثلة للحالات السابقة إلا أنها بكميات مختلفة ولمدى درجات حرارة تشغيلية مغايرة، نلاحظ تأخر في درجة حرارة الفصل الأولى للمبرد وكذلك تأخر في درجة حرارة التشغيل القصوى بسبب رفع درجة حرارة الماص بضغط سفلي ثابت لهذه الحالة الثالثة، وبالمقارنة مع الحالة الأولى والثانية (الشكلين 2 و 5) نلاحظ في هذه الحالة الثالثة انخفاض كمية التبريد المنتجة وكميات الحرارة المعطاة والمستغلة داخلياً مما أدى إلى تدني معامل أداء المنظومة.



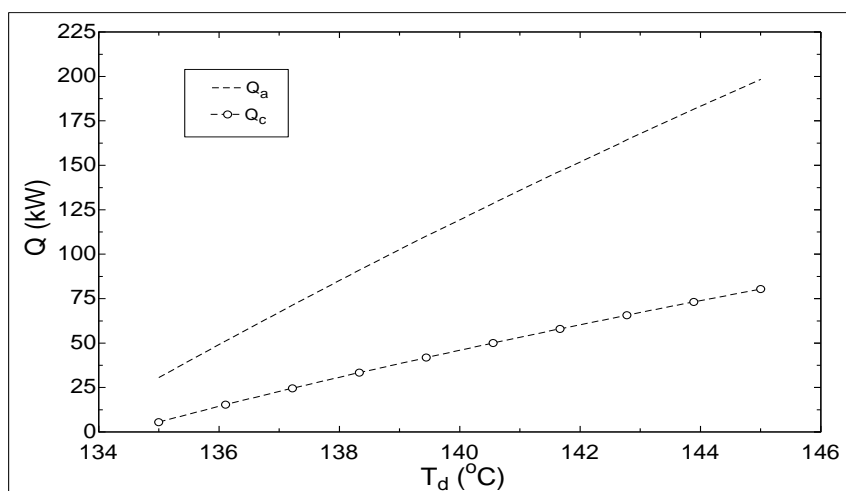
الشكل (8): كميات الحرارة المعطاة والحرارة المستغلة داخلياً وكمية التبريد المنتجة مع درجة حرارة التشغيل بالمولد العلوي عند ( $P_H=62.50 \text{ kPa}$ ,  $T_{cd}=87^\circ\text{C}$ ,  $T_c=30^\circ\text{C}$ ,  $T_a=40^\circ\text{C}$ ).

شكل (9) يوضح تصرف كميات المبرد المنفصلة من المحلول الضعيف في المولدين العلوي والسفلي مع درجة حرارة التشغيل بالمولد العلوي عندما تكون ( $T_c=30^\circ\text{C}$ ,  $T_a=40^\circ\text{C}$ )، من النتائج الموضحة في الشكل نلاحظ زيادة كتلة المبرد المنفصلة في المولد العلوي وكذلك كتلة المبرد المنفصلة في المولد السفلي مع زيادة درجة حرارة التشغيل بالمولد العلوي، وبالمقارنة مع الحالتين التشغيليتين السابقتين الأولى والثانية نجد أن كميات المبرد المنفصلة بالمولدين السفلي والعلوي في هذه الحالة الثالثة قلت نتيجة لزيادة تركيز بروميد الليثيوم في المحلول بسبب رفع درجة حرارة الماص ( $T_a=40^\circ\text{C}$ ) بضغط سفلي ثابت، انخفاض كميات المبرد المنفصلة أدى إلى تدني كمية التبريد المنتجة وأدى كذلك إلى انخفاض كميات الحرارة المستخلصة من المكثف العلوي، خفض في كمية الحرارة المستغلة داخلياً بالمولد السفلي.



الشكل (9): كميات المبرد المنفصلة من المحلول الضعيف في المولد العلوي والسفلي مع درجة حرارة التشغيل بالمولد العلوي عند ( $P_H=62.50$  kPa,  $T_{cd}=87^\circ\text{C}$ ,  $T_c=30^\circ\text{C}$ ,  $T_a=40^\circ\text{C}$ ).

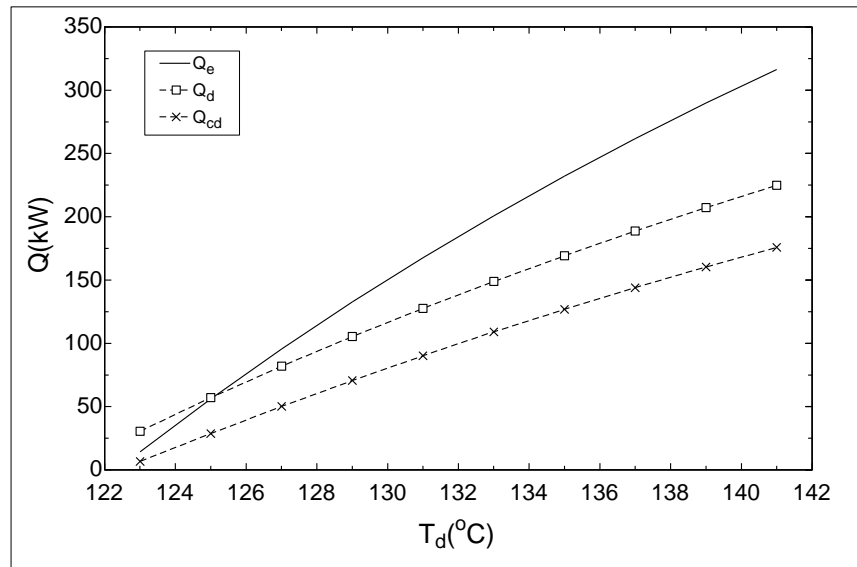
كميات الحرارة المطرودة من الماص والمكثف السفلي مع درجات حرارة التشغيل بالمولد العلوي عندما تكون ( $T_c=30^\circ\text{C}$ ,  $T_a=40^\circ\text{C}$ ) ممثلة في شكل (10)، نلاحظ من الشكل أن كميات الحرارة المطرودة من الماص والمكثف السفلي تزيد مع درجة حرارة التشغيل بالمولد العلوي، وبالمقارنة مع الحالتين الأولى والثانية نلاحظ زيادة مدى درجات حرارة التشغيل بالمولد العلوي في هذه الحالة الثالثة وانخفاض كميات الحرارة المطرودة من الماص والمكثف السفلي، زيادة درجة حرارة الامتصاص بضغط سفلي ثابت في هذه الحالة الثالثة زاد من تركيز بروميد الليثيوم في المحلول الضعيف، ونتج عن ذلك تأخر درجة حرارة الفصل الدنيا للمبرد وارتفاع مستوى درجات حرارة التشغيل بالمولد العلوي وانخفاض كميات المبرد المنفصلة بالمولدين السفلي والعلوي.



الشكل (10): كميات الحرارة المطرودة من الماص والمكثف مع درجة حرارة التشغيل بالمولد العلوي عند ( $P_H=62.50$  kPa,  $T_{cd}=87^\circ\text{C}$ ,  $T_c=30^\circ\text{C}$ ,  $T_a=40^\circ\text{C}$ ).

• الحالة الرابعة

يبين شكل (11) زيادة كمية الحرارة المعطاة بالمولد العلوي وارتفاع كمية الحرارة المستغلة داخلياً بالمولد السفلي وتحسن كمية التبريد المنتجة مع درجة حرارة التشغيل بالمولد العلوي، بمقارنة النتائج المتحصل عليها مع هذه الحالة الرابعة نجد تطابق كميات الحرارة المعطاة والمستغلة داخلياً ومدى درجات حرارة التشغيل بالمولد العلوي مع نتائج الحالة الأولى (شكل 3)، عدا كمية التبريد المنتجة حيث كانت أكبر في هذه الحالة الرابعة، وكمحسلة فإن خفض درجة حرارة التكثيف بالمكثف السفلي بضغط متوسط ثابت (حدوث تبريد دوني للمبرد) يزيد من كمية التبريد المنتجة ويحسن معامل الأداء.

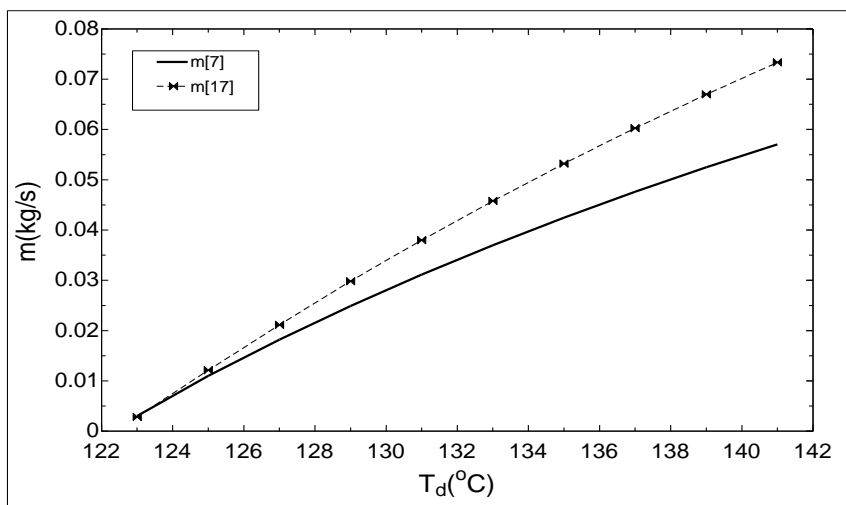


الشكل (11): كميات

الحرارة المعطاة والحرارة المستغلة داخلياً وكمية التبريد المنتجة مع درجة حرارة التشغيل بالمولد العلوي عند  $(P_H=62.50 \text{ kPa}, T_{cd}=87^{\circ}\text{C}, T_c=20^{\circ}\text{C}, T_a=30^{\circ}\text{C})$ .

يوضح الشكل (12) تصرف كميات المبرد المنفصلة من المحلول في المولدين العلوي والسفلي مع درجة حرارة التشغيل بالمولد العلوي عندما تكون  $(T_c=20^{\circ}\text{C}, T_a=30^{\circ}\text{C})$ ، بالمقارنة مع الحالات السابقة نجد أن كميات المبرد المنفصلة من المحلول في المولدين السفلي والعلوي في هذه الحالة الرابعة لها تصرفات مماثلة وكميات مساوية لما هو متحصل عليه في الحالة الأولى، بسبب تساوي تركيز بروميد الليثيوم في المحلول الضعيف ودرجة حرارة الامتصاص والضغط السفلي، خفض درجة حرارة المكثف السفلي في هذه الحالة الرابعة لم يؤثر على كميات المبرد المنفصلة بالمولدين العلوي والسفلي، ولكنه سبب في تدني إنتالبي المبرد المتجه للمبخر الأمر الذي ساهم في زيادة كمية التبريد المنتجة.

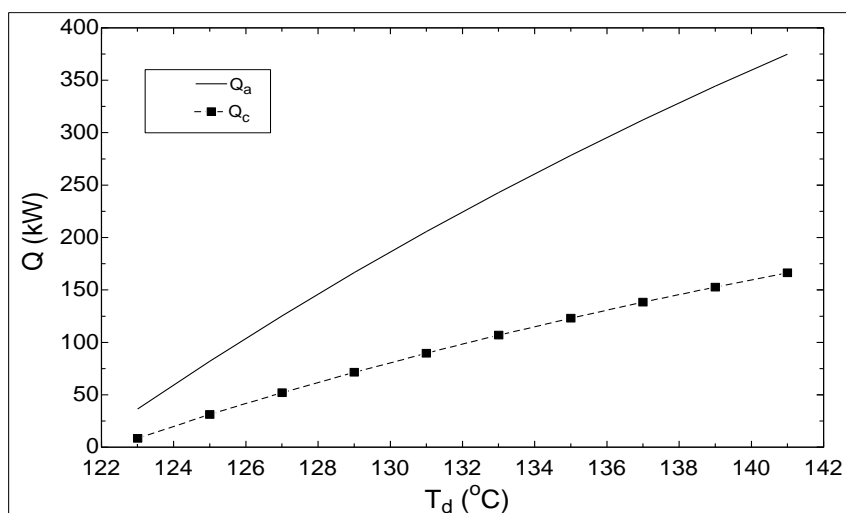




الشكل (12): كميات المبرد المنفصلة من المحلول في المولد العلوي والسفلي مع درجة حرارة التشغيل

بالمولد العلوي عند (  $P_H=62.50$  kPa ,  $T_{cd}=87^\circ\text{C}$  ,  $T_c=20^\circ\text{C}$  ,  $T_a=30^\circ\text{C}$  ).

كميات الحرارة المفقودة من الماص والمكثف السفلي للحالة الرابعة عند (  $T_c=20^\circ\text{C}$  ,  $T_a=30^\circ\text{C}$  ) موضحة بالشكل (13)، بالمقارنة مع الحالات الثلاثة السابقة نجد أن كمية الحرارة المفقودة من الماص لهذه الحالة الرابعة كانت مساوية للحالة الأولى (شكل 2)، وذلك بسبب تساوي درجة حرارة الامتصاص والضغط السفلي، ولكن على الجانب الآخر نلاحظ زيادة كمية الحرارة المفقودة من المكثف السفلي بسبب خفض درجة حرارة المكثف السفلي لهذه الحالة الرابعة بضغط متوسط ثابت (حدوث تبريد دوني للمبرد).

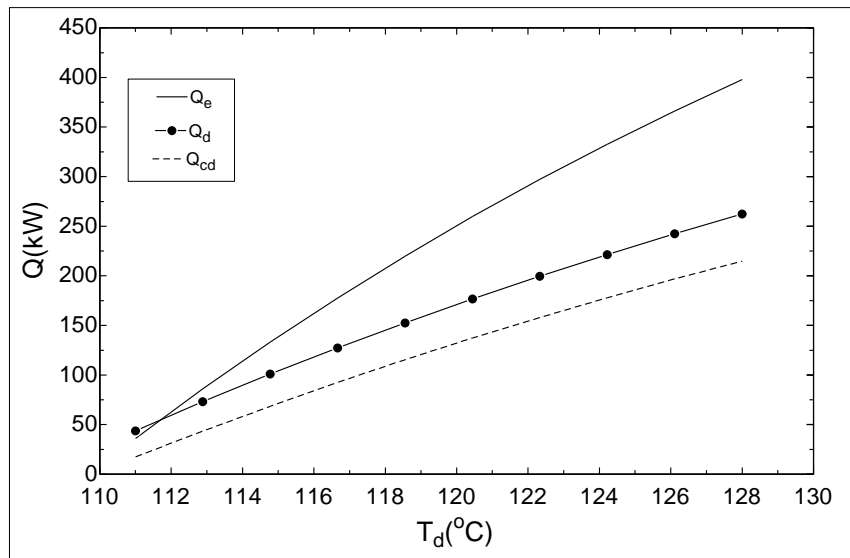


الشكل (13): كميات الحرارة المطروقة من الماص والمكثف السفلي مع درجة حرارة التشغيل بالمولد

العلوي عند (  $P_H=62.50$  kPa ,  $T_{cd}=87^\circ\text{C}$  ,  $T_c=20^\circ\text{C}$  ,  $T_a=30^\circ\text{C}$  ).

● الحالة الخامسة

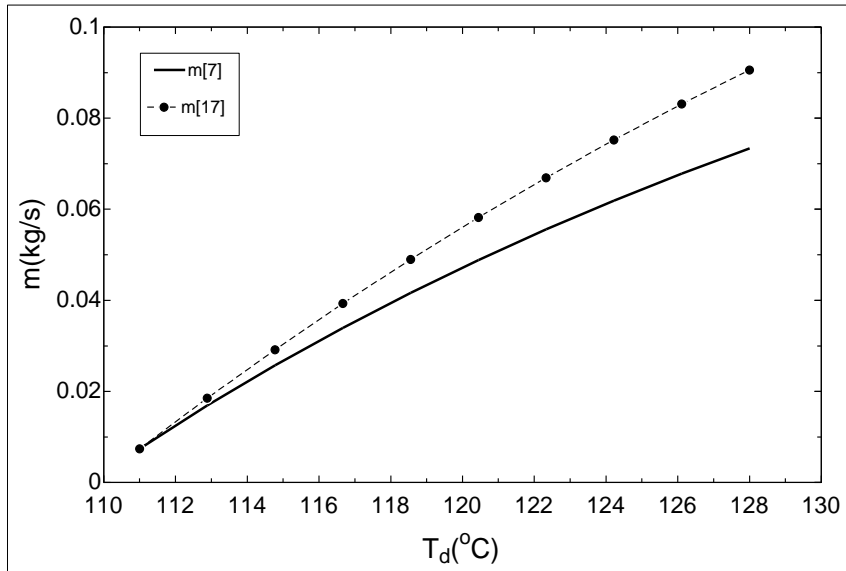
يوضح الشكل (14) تصرف كمية التبريد المنتجة من المبخر وكمية الحرارة المعطاة بالمولد العلوي وكمية الحرارة المستثمرة داخلياً بالمولد السفلي مع درجة حرارة التشغيل بالمولد العلوي للمنظومة المقترحة عندما ( $T_c=T_a=20^\circ\text{C}$ )، يوضح الشكل تحسن في كمية التبريد المنتجة وزيادة في كميات الحرارة المعطاة والمستثمرة داخلياً مع زيادة درجة حرارة التشغيل بالمولد العلوي ولكن بدرجات حرارة تشغيل أقل من الحالات السابقة؛ يعود السبب في ذلك إلى خفض درجة حرارة الامتصاص بالماص بضغط سفلي ثابت التي بدورها تؤدي لزيادة كميات المبرد المنفصلة من المحلول في المولدين السفلي والعلوي وتعمل بدرجات حرارة الفصل الدنيا (تدني نسبة تركيز المحلول الضعيف)، من جهة أخرى نلاحظ أن مدى درجات حرارة التشغيل بالمولد العلوي لهذه الحالة الخامسة مطابقة لما هو متحصل عليه في الحالة الثانية وكذلك نلاحظ تطابق في كميات الحرارة المعطاة والمستثمرة داخلياً للحالتين (شكل 3) بسبب تساوي درجة حرارة الامتصاص والضغط السفلي، وبمقارنة كميات التبريد المنتجة لهاتين الحالتين نلاحظ زيادة كمية التبريد المنتجة لهذه الحالة الخامسة عن الحالة الثانية وانخفاض أكبر في إنتالبي المبرد؛ بسبب خفض درجة حرارة التكثيف بالمكثف السفلي بضغط ثابت (حدوث تبريد دوني للمبرد).



الشكل (14): كميات الحرارة المعطاة وكمية التبريد المنتجة وكمية الحرارة المستثمرة داخلياً مع درجة حرارة التشغيل بالمولد العلوي عند ( $P_H=62.50 \text{ kPa}$ ,  $T_{cd}=87^\circ\text{C}$ ,  $T_c=T_a=20^\circ\text{C}$ ).

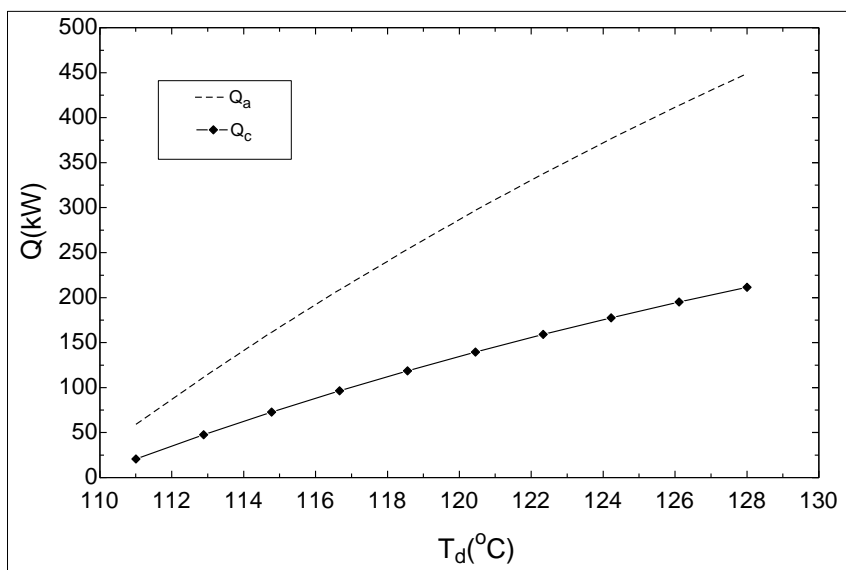
نلاحظ من الشكل (15) أن كميات المبرد المنفصلة من المحلول الضعيف في المولدين العلوي والسفلي تزداد بزيادة درجة حرارة التشغيل بالمولد العلوي، وبالمقارنة مع الحالات السابقة نجد أن كميات المبرد

المنفصلة في هذه الحالة الخامسة مساوية لكميات المبرد المنفصلة من المحلول في الحالة الثانية، بسبب تساوي تركيز المحلول الضعيف ومدى درجات حرارة التشغيل بالمولد العلوي، ولكنها كانت أكبر من كميات المبرد المنفصلة في الحالات الأخرى.



الشكل (15): كميات المبرد المنفصلة من المحلول في المولد العلوي والمولد السفلي مع درجة حرارة التشغيل بالمولد العلوي عند ( $P_H=62.50 \text{ kPa}$ ,  $T_{cd}=87^{\circ}\text{C}$ ,  $T_c=T_a=20^{\circ}\text{C}$ ).

يبين الشكل (16) زيادة كلاً من كميات الحرارة المطرودة من الماص والمكثف السفلي مع رفع درجة حرارة التشغيل بالمولد العلوي عندما تكون ( $T_c=T_a=20^{\circ}\text{C}$ )، بمقارنة النتائج المتحصل عليها لهذه الحالة الخامسة بالحالات الأربعة السابقة نلاحظ أن هناك زيادة في كمية الحرارة المطرودة من المكثف السفلي نتيجة خفض درجة حرارة المكثف السفلي بضغط متوسط ثابت إلى ( $T_c=20^{\circ}\text{C}$ )، على الجانب الآخر نلاحظ تساوي كميات الحرارة المطرودة من الماص في هذه الحالة الخامسة مع كميات الحرارة المفقودة من الماص في الحالة الثانية، يعزى ذلك لتساوي درجة حرارة الامتصاص بالماص ( $T_a=20^{\circ}\text{C}$ ) والضغط السفلي للحالتين الثانية والخامسة وكذلك تساوي مدى درجات حرارة التشغيل والضغط العلوي، كميات الحرارة المفقودة من الماص في هذه الحالة الخامسة كانت أكبر من كميات الحرارة المفقودة من الماص للحالات الأخرى.

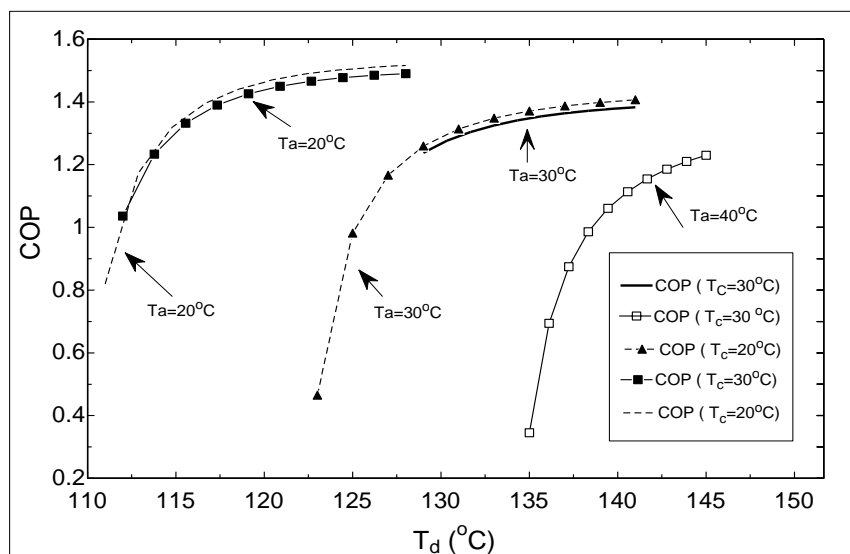


الشكل (16): كميات الحرارة المطرودة من الماص والمكثف السفلي مع درجة حرارة التشغيل بالمولد العلوي عند ( $P_H=62.50 \text{ kPa}$ ,  $T_{cd}=87^{\circ}\text{C}$ ,  $T_c=T_a=20^{\circ}\text{C}$ ).

#### ● معاملات الأداء

نلاحظ من الشكل (17) تحسن معاملات أداء منظومة التبريد الأمتصاصي مزدوجة المفعول المقترحة مع درجة حرارة التشغيل بالمولد العلوي ولجميع الحالات، نلاحظ كذلك أن مدى درجات حرارة التشغيل بالمولد العلوي للمنظومة المقترحة ولكل حالة يتغير مع درجات حرارة الأمتصاص بالماص والتكثيف بالمكثف السفلي، ونلاحظ أيضاً أن رفع درجة حرارة الامتصاص بالماص تزيد من مستوى درجات حرارة التشغيل بالمولد العلوي ولكن يرافق ذلك تدني في معامل أداء المنظومة المقترحة، من جانب آخر تبين النتائج الموضحة بالشكل أن خفض درجة حرارة التكثيف بالمكثف السفلي (لكل درجة حرارة امتصاص) تُعجل بدرجة حرارة الفصل الدنيا الأمر الذي ينتج عنه تقلص في مدى درجات حرارة التشغيل بالمولد العلوي للمنظومة المقترحة، وأكثر من ذلك تبين النتائج أن أفضل معامل أداء للمنظومة المقترحة ( $\text{COP}=1.51$ ) يتحقق عندما تكون ( $T_c=T_a=20^{\circ}\text{C}$ ,  $T_d=128^{\circ}\text{C}$ ) وهي الحالة

التشغيلية الخامسة، من جهة أخرى نلاحظ أن أقل قيمة لمعامل أداء المنظومة المقترحة ( $\text{COP}=1.22$ ) تكون عند أقصى درجة حرارة تشغيلية بالمولد العلوي ( $T_d=145^{\circ}\text{C}$ ) وبدرجة حرارة امتصاص مرتفعة ( $T_a=40^{\circ}\text{C}$ ) ولدرجة حرارة تكثيف بالمكثف السفلي ( $T_c=30^{\circ}\text{C}$ )، الحالة التشغيلية الثالثة، وكخلاصة فإن أفضل معامل أداء للمنظومة المقترحة يتحصل عليه باستخدام درجة حرارة تكثيف متدنية بالمكثف السفلي تحقق التبريد الدوني وتكون مساوية لدرجة حرارة الامتصاص بالماص.



الشكل (17): معاملات الأداء للمنظومة المقترحة مع درجة حرارة التشغيل بالمولد العلوي

عند ( $P_H=62.50\text{kPa}$ ,  $T_{cd}=87^\circ\text{C}$ ,  $P_l=0.87\text{kPa}$ ,  $T_c=5^\circ\text{C}$ ).

#### ● مقارنة نتائج الحالات

نلاحظ من الجدول (2) تدني نسبة تركيز المحلول نتيجة خفض درجة حرارة الامتصاص بالماص عند ضغط سفلي ثابت (زيادة نسبة حضور المبرد بالمحلول الضعيف)، نلاحظ كذلك زيادة كميات المبرد المنفصلة بالمولدين السفلي والعلوي مع تدني درجة حرارة الامتصاص بضغط ثابت؛ بسبب زيادة نسبة حضور المبرد بالمحلول الضعيف وتكون الكميات أكبر عند ( $T_a=20^\circ\text{C}$ )، على الجهة الأخرى نلاحظ عدم تأثر نسبة تركيز المحلول الضعيف وكميات المبرد المنفصلة بخفض درجة حرارة التكثيف بالمكثف السفلي بضغط متوسط ثابت.

جدول (2): كميات المبرد المنفصلة وتركيز المحلول الضعيف ( $P_H=62.50\text{ kPa}$ ,  $T_{cd}=87^\circ\text{C}$ ).

الحالة	$T_c(^{\circ}\text{C})$	$T_a(^{\circ}\text{C})$	$T_d(^{\circ}\text{C})$	$x_1\%$	$m_{17}(\frac{kg}{s})$	$m_7(\frac{kg}{s})$
الأولى	30	30	141	53	0.073	0.057
الثانية	30	20	128	46	0.091	0.073
الثالثة	30	40	145	58	0.036	0.029
الرابعة	20	30	141	53	0.073	0.057
الخامسة	20	20	128	46	0.091	0.073

نلاحظ من جدول (3) أن خفض درجة حرارة الأمتصاص بالماص عند ضغط سفلي ثابت يزيد من كميات الحرارة المعطاة ويرفع من كميات الحرارة المستغلة داخلياً بالمولد السفلي ويحسن كمية التبريد المنتجة، ونلاحظ أيضاً أن أكبر كمية تبريد منتجة كانت عند درجة حرارة امتصاص متدنية ومساوية لدرجة حرارة التكثيف بالمكثف السفلي لضغوط ثابتة (الحالة الخامسة)، ونلاحظ كذلك أن رفع درجة حرارة الأمتصاص بالماص يساهم في رفع مستوى درجات حرارة التشغيل بالمولد العلوي وأن خفض درجة حرارة التكثيف بالمكثف السفلي لا يؤثر فيها.

جدول (3): كميات الحرارة المعطاة والمستغلة داخليا والتبريد ( $P_H=62.50 \text{ kPa}$ ,  $T_{cd}=87^\circ\text{C}$ ).

الحالة	$T_c(^{\circ}\text{C})$	$T_a(^{\circ}\text{C})$	$T_d(^{\circ}\text{C})$	$Q_{cd}(\text{kW})$	$Q_d(\text{kW})$	$Q_e(\text{kW})$
الأولى	30	30	141	176	225	311
الثانية	30	20	128	215	262	391
الثالثة	30	40	145	87	125	154
الرابعة	20	30	141	176	225	316
الخامسة	20	20	128	215	262	398

نلاحظ من الجدول (4) أن معامل الأداء لا يتحسن برفع مستوى درجة حرارة التشغيل بالمولد العلوي ولكنه يتحسن بخفض درجة حرارة الامتصاص بالماص ودرجة حرارة المكثف السفلي، أفضل معامل أداء للمنظومة المقترحة يتحقق عند درجات حرارة امتصاص وتكثيف متدنية ومتساوية (الحالة الخامسة)، وكنتيجة فأن تحسين معامل أداء المنظومة المقترحة لا يعتمد فقط على مستوى درجة حرارة التشغيل بل يعتمد على مستوى درجتى حرارة الأمتصاص والتكثيف بالمكثف السفلي أيضاً.

من جانب آخر نلاحظ أن مستوى درجة حرارة التشغيل يرتفع مع زيادة درجة حرارة الامتصاص بضغط سفلي ثابت، زيادة تركيز المحلول يؤخر درجة حرارة الفصل الأولى للمبرد ويرفع مستوى درجات حرارة التشغيل القصوى (يؤخر حدوث التبلور).

جدول (4): أفضل معاملات الأداء ( $P_H=62.50 \text{ kPa}$ ,  $T_{cd}=87^\circ\text{C}$ ).

الحالة	$T_c(^{\circ}\text{C})$	$T_a(^{\circ}\text{C})$	$T_d(^{\circ}\text{C})$	COP
الأولى	30	30	141	1.38
الثانية	30	20	128	1.49
الثالثة	30	40	145	1.23
الرابعة	20	30	141	1.4
الخامسة	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>128</b>	<b>1.51</b>

## 6 الخلاصة

النتائج المتحصل عليها لمنظومة التبريد الامتصاصي مزدوجة المفعول ذات التدفق المتوازي (بروميد الليثيوم - ماء) المقترحة بينت أن خفض درجة حرارة التكييف بالمكثف السفلي عند ضغط متوسط ثابت لا يؤثر في كميات المبرد المنفصلة بالمولدين السفلي والعلوي ولا يغير من نسبة تركيز المحلول الضعيف ولا يغير أيضاً في مستوى درجات حرارة التشغيل بالمولد العلوي ولكنه يزيد من كمية التبريد المنتجة، كما بينت أن خفض درجة حرارة الامتصاص بالماص عند ضغط سفلي ثابت يعجل بدرجة حرارة الفصل الدنيا، ويزيد من كميات المبرد المنفصلة بالمولدين السفلي والعلوي ويحسن من كمية التبريد المنتجة ويغير في مستوى درجات حرارة التشغيل بالمولد العلوي، زيادة على ذلك بينت النتائج أن معامل أداء المنظومة المقترحة يتحسن مع رفع درجة حرارة التشغيل بالمولد العلوي، ويتحسن أيضاً بخفض درجتي حرارة الامتصاص والتكثيف بالمكثف السفلي، وأن أفضل معامل أداء للمنظومة المقترحة يتحقق عند استخدام درجة حرارة تكثيف متدنية بالمكثف السفلي تحقق التبريد الدوني ومساوية لدرجة حرارة الامتصاص المتدنية بالماص.



## المراجع

- 1- **Herold. K. E, Radermacher. R and Klein. S. A**, “Absorption Chillers and Heat Pumps”, Published by C.R.C. Press, Inc. (1996).
- 2- **I. Dincer, M. Kanoglu**, “Refrigeration Systems and Applications”, J. Wiley & Sons, 2<sup>nd</sup> Edition (2010).
- 3- **P. Srihirin, S. Aphornratana and S. Chungpaibulpatana**, “A Review of Absorption Refrigeration Technologies”, Renewable and Sustainable Energy Reviews, pp. 343–372, (2001).
- 4- **J. M. Labus, J. C. Bruno and A. Coronas**, “Review on Absorption Technology with Emphasis on Small Capacity Absorption Machines”, Thermal Science vol. 17, No. 3, pp. 739-762, (2013).
- 5- **R. P. Bereche, R. G. Palomino, and S. A. Nebra**, “Thermoeconomic Analysis Of A Single And Double-Effect LiBr/H<sub>2</sub>O Absorption Refrigeration System”, Thermodynamics, vol. 12 pp. 89-96, (2009).
- 6- **S. Sedighand, H. Saffari**, “Thermodynamic Analysis of Series and Parallel Flow water/Lithium Bromide Double Effect Absorption System with Two Condensers”, Materials Science and Engineering, ISSN 1934-8959, (2011).
- 7- **A. I. Shahata, M. M. Aboelazm, and A. F. Elsafty**, “Energy and Exergy Analysis for Single and Parallel Flow Double Effect Water-Lithium Bromide Vapor Absorption Systems”, Science And Technology, vol. 2, pp.85-94, (2012).
- 8- **S. Kaushik, D. S. Singh**, “Thermodynamic Analysis of Vapor Absorption Refrigeration System and Calculation of COP”, (IJRASET), vol. 2, pp. 73-80, (2014).
- 9- **L. Garousi Farshi, S. M. Seyed Mahmoudi and M. A. Rosen**, “Analysis of Crystallization Risk in Double Effect Absorption Refrigeration Systems,” Applied Thermal Engineering, 31, pp. 1712-1717, (2011).
- 10- **L. Garousi Farshi, S. M. Seyed Mahmoudi, M. A. Rosen and M. Yari**, “A Comparative Study of The Performance Characteristics of Double Effect Absorption Refrigeration Systems,” Int. J. Energy Res., 36, pp. 182-192, (2012).
- 11- **J. C. B. Jaramillo, L. F. Pellegrini, S. D. Oliveira Jr**, “Exergoeconomic Comparison of Absorption Refrigeration Systems Including A Hybrid Absorption-Ejector Compression Chiller”, Dyna, Ano 78, No. 168, pp. 81-89, Agosto (2011).
- 12- **A. M. Al-Saffawi, A. M. Al-Hasani**, “A Theoretical Comparison of A Combined Ejector–Absorption Refrigeration System with A Conventional Absorption System”, Engineering and Development, Vol. 17, No.2, pp. 1813- 7822, (2013).
- 13- **L. Jiang, Z. Gu, X. Feng, Yun Li**, “Thermo-Economical Analysis Between New Absorption–Ejector Hybrid Refrigeration System and Small Double-Effect Absorption System”, Applied Thermal Engineering (22) pp. 1027–1036, (2002).
- 14- **L. G. Farshi, A.H. Mosaffa, C.A. I. Ferreira, M.A. Rosen**, “Thermodynamic Analysis and Comparison of Combined Ejector–Absorption Single Effect Absorption Refrigeration Systems”, Applied Energy (133) pp. 335–346, (2014).
- 15- **A. M. Abed, M.A. Alghoul, R. Sirawn, A. N. Al-Shamani, K. Sopian**, “Performance Enhancement of Ejector absorption Cooling Cycle by Re-Arrangement of Solution Streamlines and adding RHE”, Applied Thermal Engineering, 77, pp. 65-75, (2015).
- 16- **O. Kaynakli**, “Thermodynamic Analysis of Vapor Absorption Refrigeration Cycle with Three Heat Exchangers: User-Friendly Software”, 2<sup>nd</sup> (ICRSET 2014) March 21-22, (2014) Dubai (UAE).